

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 889 587 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
07.01.1999 Patentblatt 1999/01

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: H03H 17/06

(21) Anmeldenummer: 97110913.7

(22) Anmeldetag: 02.07.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE

(72) Erfinder: Menkhoff, Andreas, Dr.  
81927 München (DE)

(71) Anmelder:  
MICRONAS Semiconductor Holding AG  
8050 Zürich (CH)

(74) Vertreter: Hornig, Leonore, Dr.  
MICRONAS INTERMETALL GmbH,  
Patentabteilung,  
Hans-Bunte-Strasse 19  
79108 Freiburg (DE)

## (54) Einrichtung zur Reduktion der Datenrate

(57) Einrichtung zur Reduktion der Datenrate einer Datenfolge (d1) mit einer umschaltbaren Filtereinrichtung (1), die in einem ersten Schaltzustand erste Ausgangswerte (dn) nach a Abtastschritten und in einem zweiten Schaltzustand zweite Ausgangswerte (dm) nach a + 1 Abtastschritten liefert und zur Bildung von gefilterten Datenwerten (df') mindestens ein mitlaufendes Datenfenster (dw) unterschiedlicher Fenstergröße

(dwf1, dwf2) aufweist. Eine Steuereinrichtung (10) veranlaßt innerhalb gleichlanger Abschnitte (12) der Datenfolge (d1) die Bildung von n ersten (dn) und m zweiten Ausgangswerten (dm), dabei ist die Anzahl der n ersten und m zweiten Ausgangswerte durch eine Bemessungsregel  $r = a + m/(n + m)$  bestimmt, in der r ein gewünschter Datenrate-Reduktionsfaktor ist.

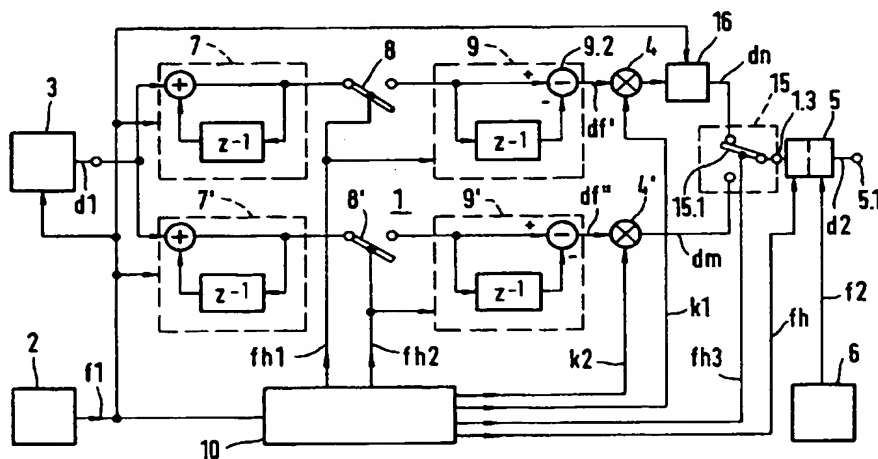


Fig.2

EP 0 889 587 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Reduktion der Datenrate einer Datenfolge, die insbesondere dazu dient, die Abtastrate von digitalisierten Signalen um einen nichtganzzahligen Faktor zu reduzieren. Derartige Einrichtungen sind beispielsweise dort erforderlich, wo vorgegebenen Datenfolgen an unterschiedliche Verarbeitungstakte angepaßt werden sollen, die eigentlichen Signalinhalte aber nicht verändert werden sollen. Derartige Anwendungen betreffen insbesondere überabgetastete Audiosignale, aber auch Video- und andere Signale, deren Abtasttakt um einen nichtganzzahligen Faktor für die weitere Verarbeitung oder Speicherung zu reduzieren ist. Die Erfindung kann ferner auch dort angewendet werden, wo der Signalinhalt verändert werden soll, beispielsweise ermöglicht die Erfindung bei Videosignalen eine verkleinerte Bildwiedergabe, indem durch die Reduktion der Datenanzahl jedoch unter Beibehaltung der Datenrate ein verkleinertes Bild in einem Bildfenster eines Fernseh- oder Computer-Bildschirms darstellbar ist. Das verbleibende Bild kann beispielsweise ein Standbild, ein laufendes Fernsehbild oder eine computergesteuerte Animation sein.

Im allgemeinen werden für derartige Anwendungen relativ aufwendige Interpolationsfilter mit transversalen und/oder rekursiven Filterstufen verwendet, um eine nichtganzzahlige Reduktion der Datenrate zu ermöglichen. Eine Beschreibung derartiger Abtastraten-Umsetzungseinrichtungen findet sich beispielsweise in „Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing“, Band ASSP-32, Nr. 3, Juni 1984, Seiten 577 bis 591 unter dem Titel: „Digital Methods for Conversion Between Arbitrary Sampling Frequencies“ von Tor A. Ramstad.

Die Einrichtungen zur Reduktion der Datenrate sind relativ einfach zu realisieren, wenn sich die alte und neue Datenrate in aufeinanderfolgenden gleichen Abtastintervallen nur um einen Abtastwert unterscheiden. Beispielsweise wenn aus drei aufeinanderfolgenden Abtastwerten zwei neue Abtastwerte gebildet werden sollen. Dies entspricht einem Datenrate-Reduktionsfaktor  $r = 1,5$ . Oder wenn aus zehn alten Abtastwerten neun neue Abtastwerte zu interpolieren sind, dies entspricht einem Daten-Reduktionsfaktor  $r = 10/9$ . Für diese speziellen Datenrate-Reduktionsfaktoren sind sehr einfache Filtereinrichtungen bekannt, bei denen in regelmäßigen Intervallen jeweils ein Abtastwert weggelassen wird und die verbleibende Datenfolge mit einem digitalen Tiefpaßfilter geglättet wird.

Besonders einfache Schaltungen und Verfahren sind bekannt, wenn die Reduktion der Datenrate um einen ganzzahligen Reduktionsfaktor  $r$  erfolgt. Dabei werden jeweils mehrere Datenwerte, die ein Datenfenster bilden, zu einem neuen Datenwert zusammengezogen und die Folge aus den neuen Datenwerten bildet dann die gewünschte neue Datenfolge. In der digitalen Signalverarbeitung wird diese Art der Abtastratenreduktion auch als Dezimierung bezeichnet. Die Datenwerte im Datenfenster können dabei entsprechend dem gewählten Interpolationsverfahren mit einer zugehörigen Gewichtungsfunktion modifiziert werden. Aufgrund des einfachsten Gewichtungsfalles, bei dem die Daten innerhalb des Datenfensters nicht gewichtet werden, werden diese Schaltungen auch als „Kammfilter“ bezeichnet. Eine Beschreibung hierzu findet sich in „IEEE Transactions on Circuits and Systems“, Band CAS-31, Nr. 11, November 1984, Seiten 913 bis 924 unter dem Titel: „Multirate Filter Designs Using Comb Filters“ von Shuni-Chu und C. Sidney Burrus.

Derartige Kammfilter umfassen in der Regel mindestens einen Akkumulator, einen Dezimierungsschalter, der nach der vorgegebenen Zahl von Abtastwerten geschlossen wird und einen Differenzierer. Jeder Akkumulator und Differenzierer enthält dabei eine Verzögerungsstufe und einen Addierer bzw. Subtrahierer. Die Addierer und Differenzierer bilden zusammen ein mitlaufendes Datenfenster zur Bildung des interpolierten Abtastwertes. Der einzelne Akkumulator bewirkt keine Gewichtung. Durch zwei oder mehr in Reihe geschaltete Akkumulatoren und eine gleichgroße Anzahl von in Reihe geschalteten Differenzierern können jedoch auch Gewichtungsfunktionen höherer Ordnung gebildet werden. Wird der letzte Akkumulator als rücksetzbarer Akkumulator ausgebildet, der zusammen mit dem Dezimierungsschalter zurückgesetzt wird, dann reduziert sich die Anzahl der erforderlichen Differenzierer um einen Differenzierer. Die Kammfilterstruktur hat auch den Vorteil, daß der hohe Verarbeitungstakt nur für die Akkumulatoren erforderlich ist, während die Differenzierer mit dem niederen Takt des Dezimierungsschalters arbeiten.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine einfache Schaltung zur Reduktion der Datenrate um einen nichtganzzahligen Reduktionsfaktor, der sich als eine rationale Zahl darstellen läßt, anzugeben.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt entsprechend den Merkmalen des Anspruchs 1 durch:

- eine umschaltbaren Filtereinrichtung, die in einem ersten Schaltzustand erste Ausgangswerte nach  $a$  Abtastschritten und in einem zweiten Schaltzustand zweite Ausgangswerte nach  $a + 1$  Abtastschritten liefert und zur Bildung gefilterter Datenwerte mindestens ein mitlaufendes Datenfenster aufweist, wobei im Falle
  - nur eines mitlaufenden Datenfensters diesem mindestens zwei unterschiedliche Fenstergrößen zugeordnet sind, deren Auswahl von der Folge der ersten und zweiten Ausgangswerte abhängig ist, oder
  - bei mehr als einem mitlaufenden Datenfenster diesen mindestens zwei unterschiedliche Fenstergrößen zugeordnet sind und die Auswahl des jeweiligen Datenfensters und der zugehörigen Fenstergröße von der

Folge der ersten und zweiten Ausgangswerte abhängig ist, und

- die eine Fenstergröße  $b$  Abtastwerte und die andere Fenstergröße  $c$  Abtastwerte mit  $b \geq a$  und  $c \geq a + 1$  umfaßt, und

- eine mit der umschaltbaren Filtereinrichtung gekoppelten Steuereinrichtung, die mittels des ersten und zweiten Schaltzustandes innerhalb gleichlanger Abschnitte der Datenfolge die Bildung von  $n$  ersten Ausgangswerten,  $m$  zweiten Ausgangswerten und die Auswahl der Zugehörigen Fenstergrößen oder Datenfenster bewirkt, dabei ist die Anzahl der  $n$  ersten und  $m$  zweiten Ausgangswerte durch eine Bemessungsregel  $r = a + m/(n + m)$  bestimmt, wobei  $r$  ein Datenrate-Reduktionsfaktor ist.

Ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der Erfindung ergibt sich für den ersten Fall, wenn als Grundstruktur für die umschaltbare Filtereinrichtung das bereits beschriebene Kammfilter, das eine einfache oder höhere Ordnung aufweisen kann, in Serienschaltung verwendet wird (vergleiche hierzu die gleichrangige EP-Patentanmeldung.....; intern: C-DIT-1734). Entsprechend der Ordnung ist die Anzahl der Akkumulatoren und Differenzierer vorzugeben, wobei die Anzahl der Differenzierer um Eins reduziert werden kann, wenn der letzte Akkumulator rücksetzbar ist. Die Realisierung der umschaltbaren Filtereinrichtung kann jedoch auch über andere Filterstrukturen oder rein über eine Programmsteuerung erfolgen, indem die vorgesehenen digitalen Übertragungsfunktionen durch geeignete Programme realisiert sind. Da in der digitalen Signalverarbeitung in der Regel normierte Signalbereiche verwendet werden, ist gegebenenfalls die umschaltbare Filtereinrichtung durch eine Amplituden-Normierungseinrichtung zu ergänzen, insbesondere wenn die Verstärkungen im ersten und zweiten Schaltzustand relativ unterschiedlich sind. In der neuen Datenfolge sind schließlich die ersten und Zweiten Ausgangswerte möglichst gleichmäßig alternierend verteilt, so daß die interpolierten Abtastwerte zeitlich möglichst dicht bei den theoretischen Abtastwerten liegen.

Wenn an das Glättungsverhalten der umschaltbaren Filtereinrichtung höhere Anforderungen gestellt werden, dann verwendet man für die einzelnen Filter Filterstrukturen höherer Ordnung, beispielsweise nach Lagrange oder auch die bereits erwähnte Mehrfachanordnung von Kammfiltern. Diese Filterstrukturen müssen dabei wieder unterschiedliche Fenstergrößen aufweisen. Nachteilig können hierbei die unterschiedlichen Gruppenlaufzeiten sein, die zu Signalverfälschungen führen. Eine Kompensation dieser Gruppenlaufzeiten ist indessen möglich, wenn für die umschaltbare Filtereinrichtung separate Signalpfade verwendet werden, die aus jeweils einem Filter höherer Ordnung gebildet sind. Dies führt entsprechend dem zweiten Fall der angegebenen Lösung zu einer Parallelstruktur der umschaltbaren Filtereinrichtung, die entsprechende Ausgleichseinrichtungen für die Gruppenlaufzeit auf einfache Weise erlaubt. Eine Anpassung der einzelnen Gruppenlaufzeiten ist beispielsweise mittels unterschiedlicher Verzögerungseinrichtungen in den parallelgeschalteten Signalpfaden möglich. Die schnellere Filterstruktur wird damit gegenüber den langsameren Filterstrukturen um eine bestimmte Taktanzahl verzögert. Ferner wird bei der Verwendung von Kammfiltern durch die Vorgabe des Schließzeitpunktes des Dezimationsschalters und/oder der Reseteinrichtung das mitlaufende Datenfenster unabhängig vom anderen Kammfilter gestartet. Eine Kombinationseinrichtung greift an einem der parallelgeschalteten Filter den Ausgangswert ab und bildet über einen Pufferspeicher die gewünschte Ausgangs-Datenfolge.

Durch die Verzögerung der Datenausgabe in dem einen Filterzweig und durch die Wahl des Startzeitpunktes des Datenfensters im anderen Filterzweig kann unabhängig von der jeweiligen Filterart erreicht werden, daß die gefilterten Datenwerte immer rechtzeitig für die Kombinationseinrichtung zur Verfügung stehen, so daß das ausgangsseitige Umschalten auf den jeweiligen Filterzweig keine Signalunstetigkeit zur Folge hat.

Die Erfindung und weitere Vorteile werden nun anhand der Figuren der Zeichnung näher erläutert:

Fig. 1 zeigt als Blockschaltbild ein Ausführungsbeispiel mit einer Serienstruktur,  
 Fig. 2 zeigt als Blockschaltbild ein Ausführungsbeispiel mit einer Parallelstruktur,  
 Fig. 3 zeigt als Blockschaltbild eine Filter-Parallelstruktur höherer Ordnung und  
 Fig. 4 zeigt als Blockschaltbild eine äquivalente Filterstruktur zu Fig. 3 und  
 Fig. 5 zeigt im Zeitdiagramm ein einfaches Beispiel zur Reduktion der Datenrate.

In Fig. 1 ist im Blockschaltbild als erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Einrichtung mit einer einfachen seriellen Filterstruktur zur Reduktion der Datenrate einer Datenfolge  $d_1$  dargestellt, die mittels einer umschaltbaren Filtereinrichtung 1 in eine Ausgangs-Datenfolge  $d_2$  umgesetzt wird. Die Datenrate der Eingangs-Datenfolge  $d_1$  entspricht einem ersten Takt  $f_1$ , der einer ersten Taktquelle 2 entstammt und eine Datenquelle 3 steuert. Der erste Takt  $f_1$  kann auch einem Systemtakt entsprechen oder durch die Datenrate der Datenfolge  $d_1$  vorgegeben sein, aus der er mittels einer Phasenverriegelungsschleife (=PLL) wieder zurückgewonnen werden kann.

Die umschaltbare Filtereinrichtung 1 ist über den Filtereingang 1.1 an die Datenquelle 3 angeschlossen und gibt am Ausgang 1.2 erste gefilterte Datenwerte  $df'$  ab, die gegebenenfalls mit einer Amplituden-Normierungseinrichtung 4

in der Verstärkung noch angepaßt werden und dann die eigentlichen gefilterten Datenwerte  $df$  bilden. Die Amplitudenanpassung erfolgt durch einen einem Multiplizierer zugeführten Abschwächungsfaktor  $k$ , der beispielsweise die Werte  $k=1/b$  und  $k=1/c$  hat. Die gefilterten Datenwerte  $df$  gelangen schließlich auf einen Pufferspeicher 5, dessen Ausgangsstufe von einer zweiten Taktquelle 6 mit einem zweiten Takt  $f_2$  gesteuert ist. Dabei entspricht der zweite Takt  $f_2$  der gewünschten Datenrate der Ausgangsdatenfolge  $d_2$ , die an einem Pufferausgang 5.1 abgreifbar ist, der damit auch Ausgang der gesamten Datenrat-Reduktionseinrichtung ist.

Die umschaltbare Filtereinrichtung 1 enthält in Signalfußrichtung einen Akkumulator 7, einen Dezimierungsschalter 8 und einen Differenzierer 9. Den Akkumulator 7 bildet eine Ringschaltung aus einem Addierer 7.2 und einer Verzögerungseinrichtung 7.1, wobei der Ausgang des Addierers 7.2 mit dem Eingang des Dezimierungsschalter 8 verbunden ist, dessen Steuereingang von einem Hilfstakt  $fh$  gesteuert ist, der über eine Steuereinrichtung 10 mit der ersten Taktquelle 2 oder mit dem ersten Takt  $f_1$  verkoppelt ist. Der Hilfstakt  $fh$  ist dabei eine nichtäquidistante Taktfolge, vgl. in Fig. 4 den Impulszug  $fh$ , bei der jeweils nach  $a$  oder  $a+1$  Taktschritten  $T_1$  des ersten Taktes  $f_1$  ein Impuls ausgelöst wird. Mit jedem Impuls des Hilfstaktes  $fh$  wird der Dezimierungsschalter 8 geschlossen, so daß der Inhalt des Akkumulators 7 über den Signalausgang des Dezimierungsschalters 8 dem Differenzierer 9 zugeführt wird. Der Differenzierer besteht aus einer Verzögerungseinrichtung 9.1 und einem Subtrahierer 9.2, dessen Minuend-Eingang 9.3 mit dem Eingang der Verzögerungseinrichtung 9.1 und dem Signalausgang des Dezimierungsschalters 8 verbunden ist. Der Ausgang der Verzögerungseinrichtung 9.1 ist dem Subtrahierend-Eingang 9.4 zugeführt, so daß der jeweilige Inhalt der Verzögerungseinrichtung 9.1 vom aktuellen Akkumulatorinhalt abgezogen wird. Dieser Subtraktionsvorgang erfolgt immer dann, wenn der Hilfstakt  $fh$  den Dezimierungsschalter 8 schließt.

Der Wert des gefilterten Datenwerts  $df'$  am Ausgang 1.2 der Filtereinrichtung 1 ist somit der Summenwert der Eingangsdatenfolge  $d_1$  in einem mitlaufenden Datenfenster  $dw$  (vgl. Fig. 4), dessen Länge durch das zugehörige Taktintervall des Hilfstaktes  $fh$  gebildet wird. Springt beispielsweise der Hilfstakt  $fh$  alternierend zwischen zwei und drei Abtastwerten des ersten Taktes  $f_1$  hin und her, dann findet eine Reduktion der Datenrate um den Faktor  $r=2,5$  statt. Ist der Hilfstakt  $fh$  im zeitlichen Mittel aus drei Datenfenstern mit jeweils  $b=2$  Abtastwerten und zwei Datenfenstern mit jeweils  $c=3$  Abtastwerten gebildet, dann entspricht dies einer Reduktion der Datenrate um den Faktor  $r=2,4$ . Es lassen sich auf diese Weise nicht nur diese einfachen Abtastratenverhältnisse reduzieren sondern über ganzzahlige Zwischenumsetzungen auch wesentlich kompliziertere, beispielsweise die Anpassung eines Audiosignals, das mit einer Datenrate von 18,43 MHz empfangen wird an einen Systemtakt von 20,25 MHz, wobei die resultierende, relativ niederfrequente Datenrate letztendlich im Bereich von 32 kHz liegt.

Die Steuereinrichtung 10 läßt sich beispielsweise durch einen rücksetzbaren Zähler realisieren, der vom ersten Takt  $f_1$  getaktet ist und der entsprechend dem Zahlenbeispiel von Fig. 5 mit einem Reduktionsfaktor  $r=2,4$  immer bei der Zahl 12 zurückgesetzt wird. Die vom Eingangstakt  $f_1$  abhängigen Zählwerte 0,5 und 7 lösen den ersten Schaltzustand und die Zählwerte 2 und 9 den zweiten Schaltzustand aus. Die auslösenden Zählwerte einschließlich des Rücksetzwertes können in einer Tabelle gespeichert sein, die über den Reduktionsfaktor  $r$  als Adresse abrufbar ist. Über einen Bus kann der Inhalt eines entsprechenden Schreib/Lesespeichers vom Anwender oder von einer externen oder internen Rechenschaltung verändert werden, so daß beliebig viele Reduktionsfaktoren  $r$  realisiert werden können.

In Fig. 2 ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer einfachen parallelen Kammfilterstruktur dargestellt. Dabei sind Funktionseinheiten, die mit denen von Fig. 1 identisch sind, gegebenenfalls mit gleichen Bezugszeichen versehen, so daß sich eine nochmalige Erörterung erübrigt. Die wesentlichen Unterschiede gegenüber Fig. 1 bestehen in der Parallelschaltung eines ersten Filters 7,8,9 mit einem zweiten Filter 7', 8', 9' und einer Kombinationseinrichtung 15, um die gefilterten Ausgangswerte  $df'$ ,  $df''$  des ersten und zweiten Filters zu einer einzigen Datenfolge  $d_2$  zusammenzufügen.

Die Kombinationseinrichtung 15 besteht im wesentlichen aus einem Umschalter 15.1, der entweder eine Verbindung mit dem Ausgang des ersten Filters 7,8,9, um dort die ersten Ausgangswerte  $dn$  oder eine Verbindung mit dem Ausgang des zweiten Filters 7', 8', 9' herstellt, um dort die zweiten Ausgangswerte  $dm$  abzugreifen. Der Ausgang 1.3 der Kombinationseinrichtung 15 ist dann wie in Fig. 1 mit einem Pufferspeicher 5 verbunden.

Das erste Filter 7,8,9 bildet jeweils nach  $a$  Abtastwerten der Eingangsfolge  $d_1$  einen neuen Ausgangswert  $df'$ . Das zweite Filter 7',8',9' bildet unabhängig vom ersten Filter jeweils nach  $a+1$  Abtastwerten der Eingangsfolge  $d_1$  einen neuen Ausgangswert  $df''$ . Die Bildung der Ausgangswerte  $df'$ ,  $df''$  muß nicht gleichförmig sein, sondern hängt von dem gewünschten Reduktionsfaktor  $r$  ab. Durch die Schließung der Dezimierungsschalter 8,8' wird jeweils ein neues Datenfenster  $dw_1$  bzw.  $dw_2$  gestartet, wobei der Startzeitpunkt durch die Steuereinrichtung 10 mittels der Steuersignale  $fh_1$  bzw.  $fh_2$  definiert ist. Gleichzeitig mit der Schließung der Dezimierungsschalter 8,8' wird am jeweiligen Filterausgang ein neuer Ausgangswert  $df'$ ,  $df''$  gebildet, der dem vorherigen Datenfenster zugeordnet ist und von der Kombinationseinrichtung 15 weitergeleitet oder ignoriert werden kann. Dies hängt von der Schaltungsposition des Umschalters 15.1 ab, der von einem Steuersignal  $fh_3$  gesteuert ist. Die drei Steuersignale  $fh_1$ ,  $fh_2$ ,  $fh_3$  sind mit einem Hilfstakt  $fh$  verkoppelt, der entsprechend der Anzahl  $n$  und  $m$  der ersten bzw. zweiten Ausgangswerte  $dn$  bzw.  $dm$  nach der bereits angegebenen Bemessungsregel  $r = a + m/(m+n)$  gebildet ist.

In dem Ausführungsbeispiel von Fig. 2 enthalten die Ausgänge des ersten und zweiten Filters jeweils noch eine

Amplituden-Normierungseinrichtung 4,4', um die unterschiedlichen Verstärkungen auszugleichen. Die zugehörigen Abschwächungsfaktoren  $k_1, k_2$  sind von der Steuereinrichtung 10 gebildet und haben beispielsweise die Werte  $k_1 = 1/b$  und  $k_2 = 1/c$ . Wird die Amplituden-Normierungseinrichtung, die in der Regel Multiplizierer und/oder Stellenverschiebungseinrichtungen enthalten, nach dem Anschluß 1.3 eingefügt, dann kann eine der Normierungseinrichtungen entfallen. Je nach dem Verwendungszweck der Datenfolge und dem Wert des Reduktionsfaktors  $r$  muß noch nicht einmal zwischen unterschiedlichen Verstärkungen umgeschaltet werden.

In den Ausgang des ersten Filters ist eine Verzögerungseinrichtung 16 eingefügt, mit der die unterschiedlichen Gruppenlaufzeiten des ersten und zweiten Filters in ganzen Taktschritten des Eingangstaktes  $f_1$  ausgeglichen werden können. Durch rechtzeitiges Starten des Datenfensters in Verbindung mit dem Gruppenlaufzeitausgleich werden somit beim Umschaltzeitpunkt vom ersten auf das zweite Filter Unstetigkeiten in der Datenfolge  $d_2$  weitgehend vermieden. Der Gruppenlaufzeitausgleich ist insbesondere bei Filtern höherer Ordnung wichtig, weil dort die Unterschiede mit der Ordnungszahl zunehmen. Die parallele Filterstruktur, die gegebenenfalls durch weitere parallelgeschaltete Filter ergänzt werden kann, ermöglicht in Verbindung mit zugehörigen Verzögerungseinrichtungen eine vollständige Entkoppelung der Start- und Schließzeitpunkte der Datenfenster, auch wenn sich die Datenfenster überlappen sollten. Im Falle von mehr als zwei parallelgeschalteten Filtern wird die Steuerung zwar etwas aufwendiger, aber das in Fig. 2 beschriebene Grundprinzip der Umschaltung parallelgeschalteter Filter bleibt erhalten.

Die in Fig. 2 dargestellte umschaltbare Filtereinrichtung 1 mit zwei Kammfiltern ersten Grades enthält im Eingang zwei Akkumulatoren 7,7', deren Ein- und Ausgangssignale identisch sind. Somit kann einer dieser Akkumulatoren 7,7' entfallen und der Ausgang des anderen ist mit den beiden Dezimierungsschaltern 8, 8' verbunden. Ein ähnliches Beispiel für die Einsparung von Akkumulatoren zeigt die Filteranordnung von Fig. 3; die einer Parallelschaltung Zweier Kammfilter dritten Grades entspricht. Die hintereinandergeschalteten drei Akkumulatoren 71,72,73 sind ausgangsseitig mit den beiden Dezimierungsschaltern 8,8', denen jeweils drei Differenzierer 91,92,93 bzw. 91',92',93' folgen, verbunden.

In Fig. 4 ist eine umschaltbare Filtereinrichtung 1 dargestellt, deren Übertragungsfunktion identisch zur Übertragungsfunktion von Fig. 3 ist. Die Realisierung der umschaltbaren Filtereinrichtung 1 unterscheidet sich jedoch von der von Fig. 3 dadurch, daß in den beiden Filterzweigen jeweils nur zwei Dezimierer 91, 92 bzw. 91', 92' und von den hintereinandergeschalteten Akkumulatoren nur die Akkumulatoren 71,72 in Serie geschaltet sind und für jeden Filterzweig ein eigener dritter Akkumulator 73.1 bzw. 73.2 vorhanden ist. Die beiden dritten Akkumulatoren 73.1,73.2 sind Akkumulatoren mit einer Rücksetzeinrichtung 72, die gleichzeitig mit dem zugehörigen Dezimierungsschalter 8 bzw. 8' zurückgesetzt wird. Durch die Verwendung der rücksetzbaren Akkumulatoren 73.1,73.2 kann in dem jeweiligen Filterzweig ein Dezimierer eingespart werden, dafür ist jedoch ein zusätzlicher rücksetzbarer Akkumulator 73.2 für den zweiten Filterzweig erforderlich, weil der erste rücksetzbare Akkumulator 73.1 dem ersten Filterzweig zugeordnet wird. Durch das erste oder zweite Steuersignal  $fh_1, fh_2$  am Rücksetzeingang R wird der Start des jeweiligen Datenfensters ausgelöst. Es wird darauf hingewiesen, daß es für den Startzeitpunkt des Datenfensters  $dw_1, dw_2$  unerheblich ist, wann das letzte Steuersignal  $fh_1$  bzw.  $fh_2$  ausgelöst wurde. Die Auswahl der richtigen Ausgangswerte  $d_n$  bzw.  $d_m$  erfolgt durch den Umschalter 15.1.

Die Bildung der Steuersignale  $fh_1, fh_2, fh_3$  des Hilfstaktes  $fh$  erfolgt in der Steuereinrichtung 10 beispielsweise mittels des bereits erwähnten rücksetzbaren Zählers und gespeicherter Zählwerte. Die gespeicherten Zählwerte können in einer Tabelle abgelegt sein, die mittels des Reduktionsfaktors  $r$  adressierbar ist. Ein Zahlenbeispiel soll nochmals verdeutlichen, wie beim Wechsel der Abtastrate zeitliche Sprünge und damit Unstetigkeiten in der Ausgangsdatenfolge  $d_2$  verhindert werden. Es ist dabei darauf zu achten, daß die Zähler für das erste und zweite Filter mit einer geeigneten Verzögerung zueinander gestartet werden. Die Verzögerung ist dabei so zu wählen, daß zum Zeitpunkt des Wechsels der Abtastung an beiden Filterausgängen ein neuer Ausgangswert  $d_n$  bzw.  $d_m$  abgreifbar ist. Verwendet man beispielsweise Kammfilter dritter Ordnung, also jeweils drei Akkumulatoren und drei Differenzierer und der Abtastaten-Reduktionsfaktor  $r$  liegt zwischen 49 Takten und 30 Takten, so muß der Zähler für das erste Filter 3 Takte nach dem Zähler für das zweite Filter gestartet werden. Dann liegt nach  $3 \times 49 + 3$  Takten, das sind insgesamt 150 Takte, am ersten Filterausgang ein neuer gefilterter Abtastwert  $d_f'$  vor. Da der Zähler für das zweite Filter drei Takte später gestartet wurde, liegt nach  $3 \times 50$  Takten, das sind ebenfalls 150 Takte, dort ein neuer gefilterter Ausgangswert  $d_f''$  vor. Der Unterschied der Gruppenlaufzeit ist hierbei jedoch nicht berücksichtigt, so daß in dem ersten Filterzweig mittels einer nicht dargestellten Verzögerungseinrichtung (vgl. Fig. 2) ein gewisser Ausgleich erreicht werden kann. Die Unterschiede der Gruppenlaufzeiten betragen 1,5 Takte.

Die Gruppenlaufzeiten hängen von der Ordnungszahl der Filter und der jeweiligen Fenstergröße ab und ergeben sich aus der Übertragungsfunktion. An einem Zahlenbeispiel mit einem Kammfilter zweiter Ordnung, das zwischen den Abtastaten 2 und 3 umgeschaltet wird, soll dies anhand der komplexen Übertragungsfunktion  $H(z)$  verdeutlicht werden. Wird in stetiger Folge jeweils nach zwei Abtastwerten ein neuer Ausgangswert gebildet wird gilt folgende Übertragungsfunktion:

$$H(z) = ((1-z^{-2}) / (1-z^{-1}))^2 = 1 + 2z^{-1} + z^{-2} \quad (1)$$

Das mitlaufende Datenfenster  $dw$  umfaßt drei Werte der Datenfolge  $d1$ , und die umschaltbare Filtereinrichtung 1 befindet sich im ersten Schaltzustand.

Werden die Abtastintervalle von zwei auf drei oder von drei auf zwei Taktperioden  $T1$  umgeschaltet so realisiert die Schaltung für den jeweiligen Abtastwert die Übertragungsfunktion:

$$H(z) = (1 - z^{-2}) \times (1 - z^{-3}) / (1 - z^{-1})^2 = 1 + 2z^{-1} + 2z^{-2} + z^{-3} \quad (2)$$

Das mitlaufende Datenfenster umfaßt vier Abtastwerte. Die umschaltbare Filtereinrichtung 1 ist hierbei je nach dem Endzustand des Wechsels dem zweiten oder dem ersten Schaltzustand zuzurechnen.

Wird in stetiger Folge jeweils nach drei Abtastwerten ein neuer Ausgangswert gebildet, so realisiert die Schaltung die Übertragungsfunktion:

$$H(z) = ((1 - z^{-3}) / (1 - z^{-1}))^2 = 1 + 2z^{-1} + 3z^{-2} + 2z^{-3} + z^{-4} \quad (3)$$

Hierbei umfaßt das mitlaufende Datenfenster fünf Abtastwerte und die umschaltbare Filtereinrichtung befindet sich im zweiten Schaltzustand.

In der Regel wird nur zwischen den Übertragungsfunktionen (1) und (2) oder den Übertragungsfunktionen (2) und (3) umgeschaltet, weil die Folge der ersten und zweiten Ausgangswerte möglichst alternierend sein soll. Die Übertragungsfunktionen (1) und (2) sind nur dann anzuwenden, wenn der vorausgehende Schaltzustand identisch war. Bei einem Reduktionsfaktor  $r=2,9$  kamen beispielsweise die Übertragungsfunktionen (2) und insbesondere (3) in Betracht, weil entsprechend der Bemessungsregel  $r = a + m/(n+m)$  auf neun zweite Abtastwerte  $dm$  mit drei Abtastschritten nur ein erster Abtastwert  $dn$  mit zwei Abtastschritten kommt. Eine bessere Alternierung ist hier nicht möglich. Noch mehr gilt dies, wenn das Abtastratenverhältnis gegenüber den beiden Abtastintervallen  $a$  und  $a+1$  noch einseitiger liegt, beispielsweise für einen Abtastraten-Reduktionsfaktor  $r = 2,99$ .

Die einzelnen Übertragungsfunktionen (1), (2) und (3) zeigen, daß zur Bildung der gefilterten Datenwerte  $df$  eine unterschiedliche Gewichtung der Abtastwerte in dem jeweiligen Datenfenster  $dw$  vorliegt. Aus dem Beispiel ist ferner ersichtlich, daß die Verstärkung im ersten Schaltzustand den Wert 4, im Wechselzustand den Wert 6 und im zweiten Schaltzustand den Wert 9 hat. Mittels der Amplituden-Normierungseinrichtung 4 und dem Abschwächungsfaktor  $k$  können die unterschiedlichen Verstärkungen für die gefilterten Datenwerte  $df$  ausgeglichen werden.

Aus dem Beispiel mit dem Kammfilter zweiten Grades kann auch die rein programmgesteuerte Realisierung leicht erkannt werden, indem die einzelnen Abtastwerte zunächst zwischengespeichert und mit der entsprechenden Gewichtung mittels eines vorhandenen Rechenwerkes in einem Prozessor addiert werden. Die Nachbildung mit Akkumulatoren, Dezimierungsschaltern und Differenzierern ist hierfür nicht erforderlich.

In Fig. 5 ist zur Verdeutlichung der Erfindung ein Zeitdiagramm dargestellt, das anschaulich die Funktion der Schaltung nach Fig. 1 oder Fig. 2 bei einem Datenrate-Reduktionsfaktor  $r = 2,4$  zeigt. Von einer Eingangsdatenfolge  $d1$  sind schematisch die Abtastzeitpunkte als liegende Kreuze dargestellt, die von 5 bis 26 durchnummeriert sind. Diese Datenfolge  $d1$  ist in gleichlange Zeitabschnitte 1 bzw. 11, 12, 13 eingeteilt, die jeweils 12 Abtastintervalle  $T1$  umfassen, die durch den ersten Takt  $f1$  zeitlich definiert sind. In der Darstellung ist der erste und dritte Abschnitt 11, 13 unvollständig, der vollständige zweite Abschnitt 12 reicht vom Abtastwert 9 bis zum Abtastwert 21. Für den gewünschten Abtastratenreduktionsfaktor  $r = 2,4$  müssen die zwölf Taktperioden  $T1$  umfassenden Abschnitte 11, 12, 13 jeweils in drei Unterabschnitte mit zwei Taktperioden  $T1$  und zwei Unterabschnitte mit drei Taktperioden  $T1$  unterteilt werden. Den einzelnen Abschnitten entspricht dabei mindestens ein mitlaufendes Datenfenster  $dw$  bzw.  $dw1$ ,  $dw2$ , dessen erste Fenstergröße  $dwf1$  entweder  $b = 2$  oder dessen zweite Fenstergröße  $dwf2$   $c = 3$  Abtastwerte zur Mittelwertbildung umfaßt. Wenn entsprechend einer parallelen Filterstruktur zwei unabhängige mitlaufende Datenfenster  $dw1$ ,  $dw2$  vorhanden sind, dann ist dem ersten Datenfenster  $dw1$  die Fenstergröße  $dwf1$  und dem zweiten Datenfenster  $dw2$  die Fenstergröße  $dwf2$  zugeordnet. Die Fenstergröße  $dwf1$  mit  $b$  Abtastwerten entspricht dem ersten Schaltzustand und die Fenstergröße  $dwf2$  mit  $c$  Abtastwerten entspricht dem zweiten Schaltzustand der umschaltbaren Filtereinrichtung 1.

Im Zeitdiagramm von Fig. 5 ist auch zu sehen, daß der nicht äquidistante Hilfstakt  $fh$  und die mitlaufende Datenfenster mit den Fenstergrößen  $dwf1$ ,  $dwf2$  zeitlich mit der Eingangsdatenfolge  $d1$  und damit mit dem ersten Takt  $f1$  verknüpft sind.

Aus der Mittelwertbildung der Abtastwerte im jeweiligen Datenfenster  $dw$  bzw.  $dw1$ ,  $dw2$  werden die gefilterten Datenwerte  $df$  gebildet, die im Pufferspeicher 5 zwischengespeichert werden, bis sie vom zweiten Takt  $f2$ , dem Ausgangstakt, abgerufen werden und die  $n$  ersten oder  $m$  zweiten Ausgangswerte  $dn$  bzw.  $dm$  der Datenfolge  $d2$  bilden. Beispielsweise bilden die Abtastwerte 5 und 6 der Folge  $d1$  den Ausgangswert  $n3.1$  der Datenfolge  $d2$ . Die letzten Abtastwerte 7, 8, 9 im Intervall  $I1$  bilden den Ausgangswert  $m2.1$ , der als letzter Wert noch dem Intervall  $I1$  zuzurechnen ist. Der erste Ausgangswert, der dem zweiten Intervall  $I2$  zuzurechnen ist, ist der Ausgangswert  $n1.2$ , der aus den Abtastwerten 10 und 11 der Datenfolge  $d1$  gebildet wird.

Je nach der Fenstergröße  $dwf1$  bzw.  $dwf2$  des zugehörigen Datenfensters wird bei der Datenfolge  $d2$  zwischen

ersten Ausgangswerten  $d_n$  (in Fig. 5 mit  $n...$  bezeichnet) und zweiten Ausgangswerten  $d_m$  (in Fig. 5 mit  $m...$  bezeichnet) unterschieden. Die von  $n3.1$  bis  $m1.3$  reichende Datenfolge  $d2$  ist in Fig. 5 von 4 bis 12 durchnummeriert. Da die Datenfolge  $d2$  mit dem Ausgangstakt  $f2$  zeitlich verkoppelt ist, folgen die neuen Abtastwerte  $n3.1$  bis  $m1.3$  äquidistant aufeinander, wobei die Datenrate durch die Periode  $T2$  bestimmt ist.

Nach jeweils 12 Abtastschritten  $T1$  ergibt sich eine Koinzidenz zwischen dem ersten und zweiten Takt  $f1, f2$ . Dies ist jedoch nicht zwingend, denn in der Realität können Phasendifferenzen zwischen dem ersten und Zweiten Takt  $f1, f2$  durch den Pufferspeicher 5 ausgeglichen werden. Es ist sogar möglich, daß ein ganzer Block von gefilterten Datenwerten  $df$  in einem großen Pufferspeicher, beispielsweise einem FIFO-Speicher (FIFO = First-In-First-Out), zwischengespeichert wird und dann burstweise mit einer ganz anderen Frequenz ausgelesen wird.

## Patentansprüche

### 1. Einrichtung zur Reduktion der Datenrate einer Datenfolge ( $d1$ ) mit

- einer umschaltbaren Filtereinrichtung (1), die in einem ersten Schaltzustand erste Ausgangswerte ( $d_n$ ) nach  $a$  Abtastschritten und in einem zweiten Schaltzustand zweite Ausgangswerte ( $d_m$ ) nach  $a + 1$  Abtastschritten liefert und zur Bildung gefilterter Datenwerte ( $df; df', df''$ ) mindestens ein mitlaufendes Datenfenster ( $dw; dw1, dw2$ ) aufweist, wobei im Falle

- nur eines mitlaufenden Datenfensters ( $dw$ ) diesem mindestens zwei unterschiedliche Fenstergrößen ( $dwf1, dwf2$ ) zugeordnet sind, deren Auswahl von der Folge der ersten ( $d_n$ ) und zweiten Ausgangswerte ( $d_m$ ) abhängig ist, oder

- bei mehr als einem mitlaufenden Datenfenster ( $dw1, dw2$ ) diesen mindestens zwei unterschiedliche Fenstergrößen ( $dwf1, dwf2$ ) zugeordnet sind und die Auswahl des jeweiligen Datenfensters ( $dw1, dw2$ ) mit der zugehörigen Fenstergröße von der Folge der ersten ( $d_n$ ) und zweiten Ausgangswerte ( $d_m$ ) abhängig ist, und

- die eine Fenstergröße ( $dwf1$ )  $b$  Abtastwerte und die andere Fenstergröße ( $dwf2$ )  $c$  Abtastwerte mit  $b \geq a$  und  $c \geq a + 1$  umfaßt, und

- einer mit der umschaltbaren Filtereinrichtung (1) gekoppelten Steuereinrichtung (10), die mittels des ersten und zweiten Schaltzustandes innerhalb gleichlanger Abschnitte ( $l2$ ) der Datenfolge ( $d1$ ) die Bildung von  $n$  ersten Ausgangswerten ( $d_n$ ),  $m$  Zweiten Ausgangswerten ( $d_m$ ) und die Auswahl der zugehörigen Fenstergrößen ( $dwf1, dwf2$ ) oder Datenfenster ( $dw1, dw2$ ) bewirkt, dabei ist die Anzahl der  $n$  ersten ( $d_n$ ) und  $m$  zweiten Ausgangswerte ( $d_m$ ) durch eine Bemessungsregel  $r = a + m/(n + m)$  bestimmt, wobei  $r$  die Datenrate-Reduktionsfaktor ist.

### 2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die umschaltbare Filtereinrichtung (1) der Parallelschaltung von einem ersten und einem zweiten Filter ( $7, 8, 9; 7', 8', 9'$ ) entspricht, die die $n$ ersten ( $d_n$ ) bzw. $m$ Zweiten Ausgangswerte ( $d_m$ ) erzeugen, die mittels einer Kombinationseinrichtung (15) zu einer Datenfolge ( $d2$ ) zusammengefügt sind.

### 3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das erste bzw. zweite Filter ( $7, 8, 9; 7', 8', 9'$ ) einem ersten bzw. zweiten Kammfilter beliebiger Ordnung entspricht.

### 4. Einrichtung nach Anspruch 3 dadurch gekennzeichnet, daß dem ersten und dem zweiten Kammfilter jeweils in Signalfußrichtung entweder

- $p$  Akkumulatoren ( $71, 72, 73; 17', 72', 73'$ ), ein Dezimierungsschalter ( $8, 8'$ ) und  $p$  Differenzierer ( $91, 92, 93; 91', 92', 93'$ ) oder
- $p$  Akkumulatoren ( $71, 72, 73.1; 71, 72, 73.2$ ), ein Dezimierungsschalter ( $8, 8'$ ) und  $p-1$  Differenzierer ( $91, 92; 91', 92'$ ) zugeordnet sind, wobei der in Signalfußrichtung liegende letzte Akkumulator ( $73.1; 73.2$ ) mittels einer Rücksetzeinrichtung (72) gleichzeitig mit der Schließung des Dezimierungsschalters ( $8, 8'$ ) zurückgesetzt wird und  $p \geq 1$  ist.

### 5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß mittels einer Amplituden-Normie-

rungseinrichtung (4;4,4') die unterschiedlichen Verstärkungen der umschaltbaren Filtereinrichtung (1) mindestens teilweise kompensiert sind.

- 5 6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß mittels einer Ausgleichseinrichtung (16) unterschiedliche Gruppenlaufzeiten der umschaltbaren Filtereinrichtung (1) einander angepasst sind.
7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgleichseinrichtung (16) eine Verzögerungseinrichtung enthält.
- 10 8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß mittels einer Recheneinrichtung in der Steuereinrichtung (10) der Aktivierungszeitpunkt des Dezimierungsschalters (8;8,8') und / oder der Rücksetzeinrichtung (72) bestimmt ist.

15

20

25

30

35

40

45

50

55



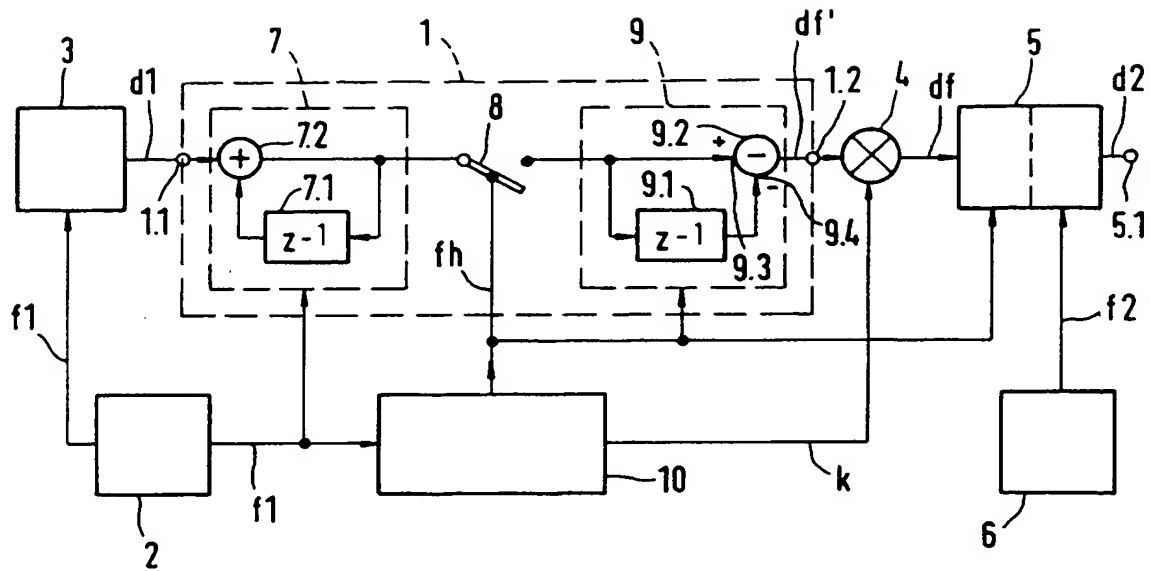


Fig.1

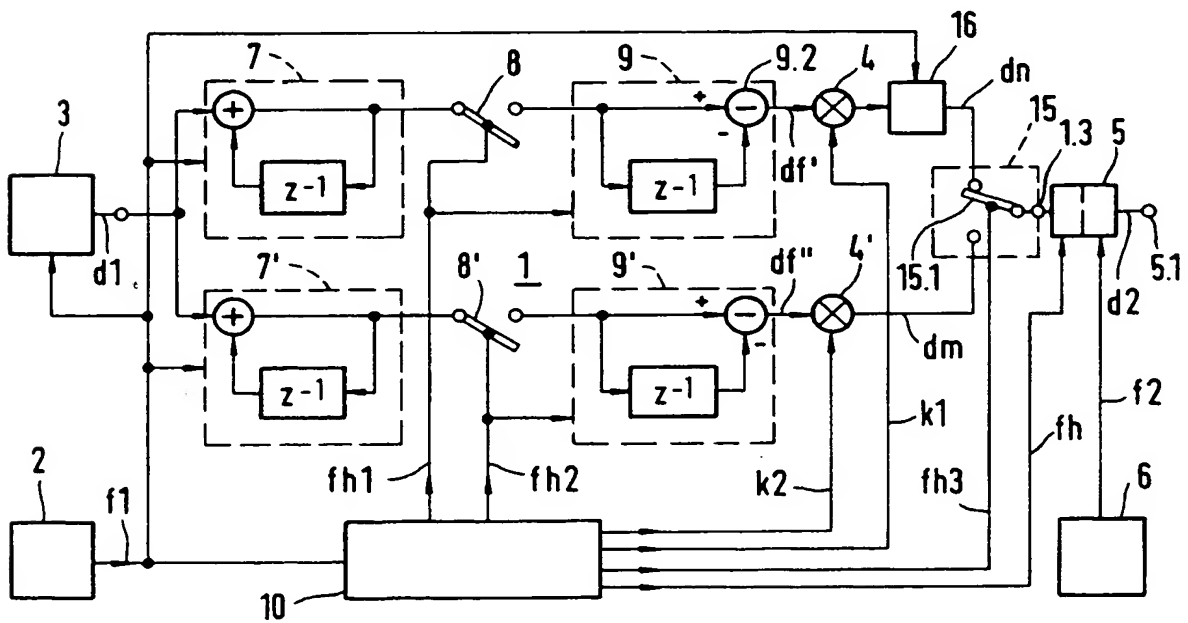
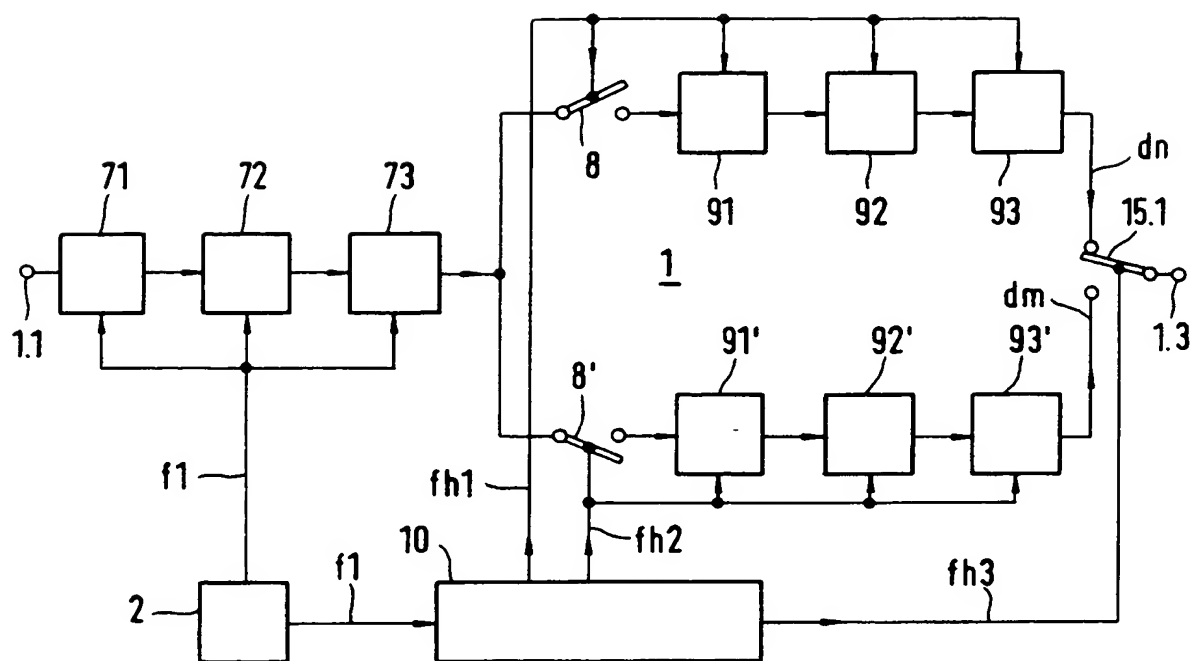
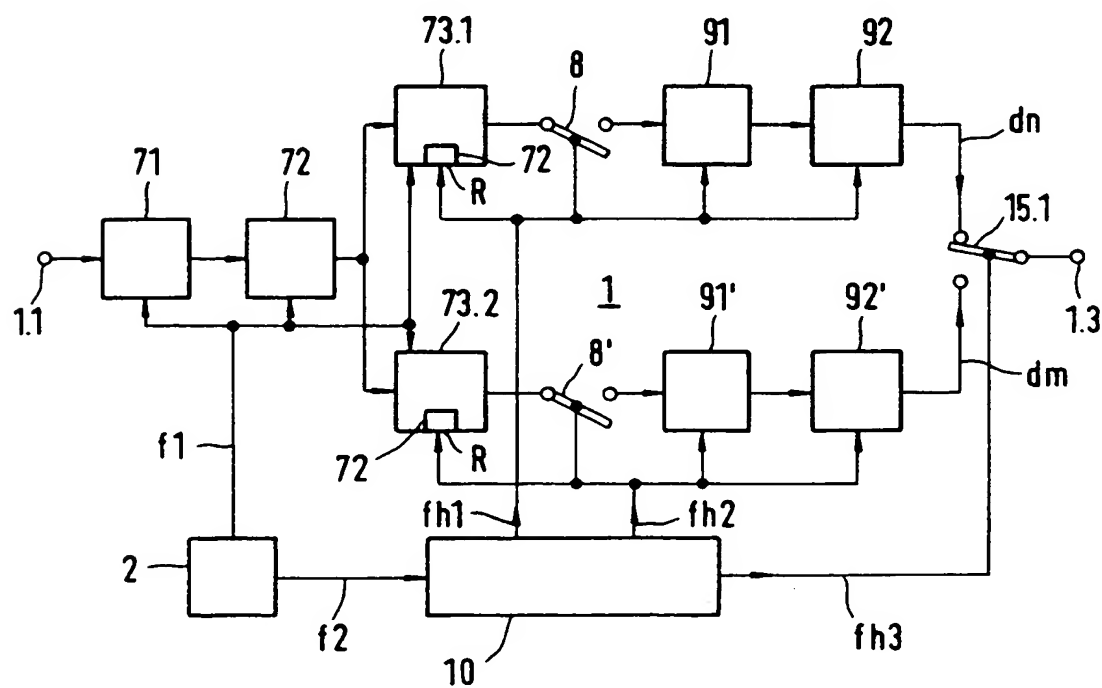


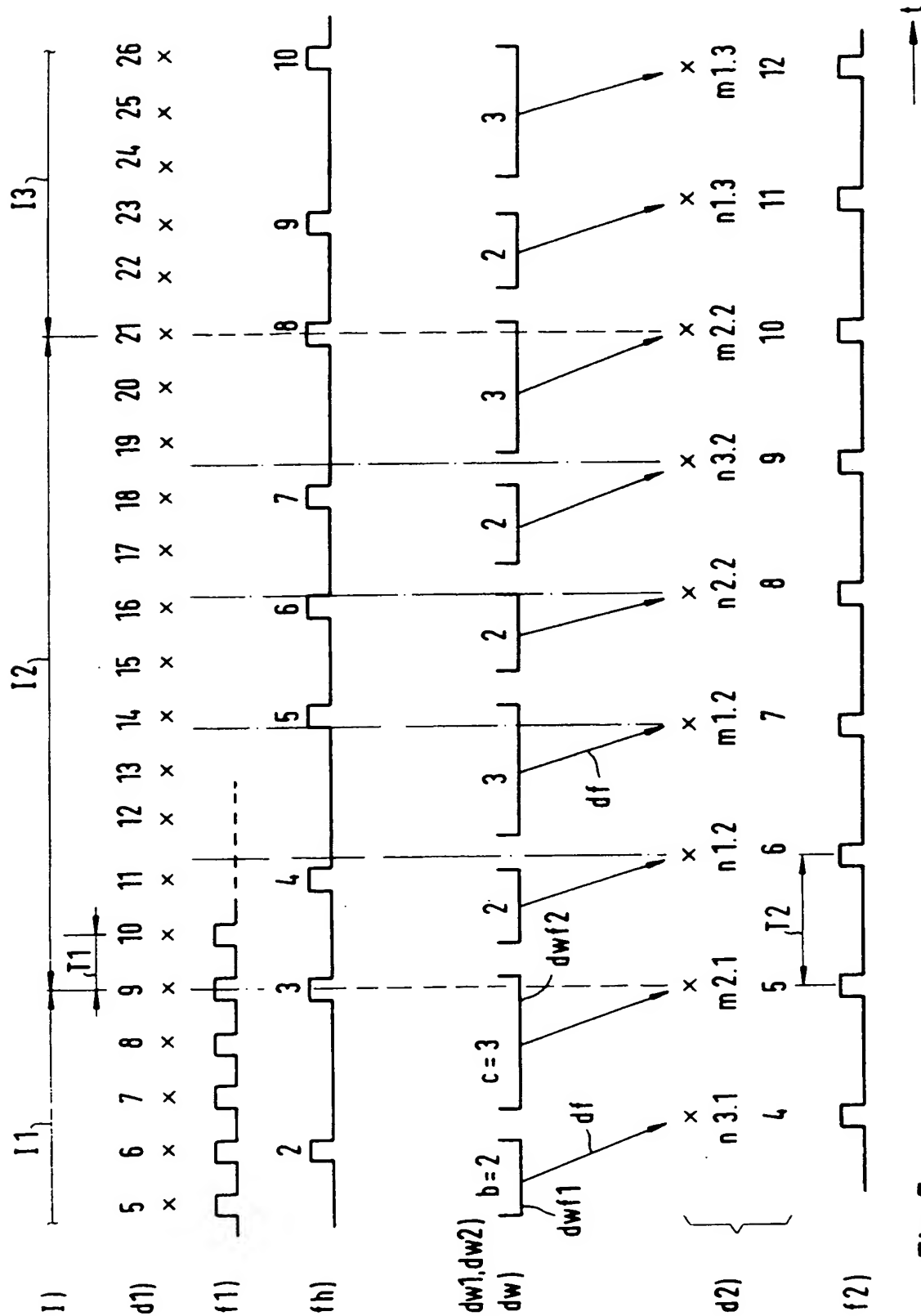
Fig.2



**Fig. 3**



**Fig.4**



**Fig. 5**



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 97 11 0913

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
D,A	SHUNI CHU ET AL: "MULTIRATE FILTER DESIGNS USING COMB FILTERS" IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS., Bd. 31, Nr. 11, November 1984, NEW YORK US, Seiten 913-924, XP002049419 * das ganze Dokument *	1,3	H03H17/06
A	EP 0 176 946 A (STUDER WILLI AG) * Seite 2, Zeile 17 - Seite 4, Zeile 27; Abbildung 4 * * Seite 7, Zeile 4-27 *	1	
A	EP 0 320 517 A (ITT IND GMBH DEUTSCHE) * das ganze Dokument *	1,4	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			H03H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 8.Dezember 1997	Prüfer Coppieters, C
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)